

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09129925 A**

(43) Date of publication of application: **16.05.97**

(51) Int. Cl.

H01L 33/00
H01L 21/20
H01L 21/203
H01L 21/205
H01S 3/18

(21) Application number: **07308251**

(22) Date of filing: **31.10.95**

(71) Applicant: **TOYODA GOSEI CO**
LTD AKASAKI ISAMU AMANO
HIROSHI

(72) Inventor: **YAMAZAKI SHIRO**
NAGAI SEIJI
KOIKE MASAYOSHI
AKASAKI ISAMU
AMANO HIROSHI

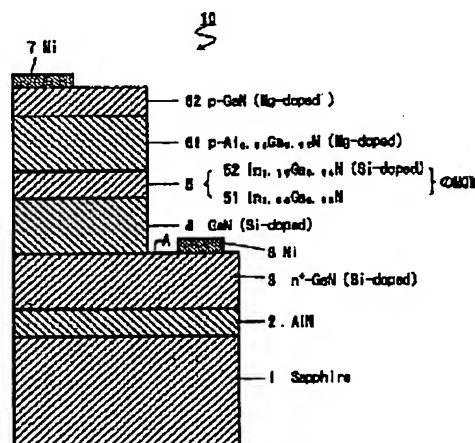
(54) III GROUP NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the performance and production rate of an element made of a III group nitride semiconductor.

SOLUTION: A semiconductor element comprises a substrate 1, buffer layer 2 formed on the substrate 1, III group nitride semiconductor-made base layer 3 formed on the layer 2, and III group nitride semiconductor element layers 4, 5, 61, 62 formed on the base layer 3. The layer 3 is formed by the metal organic compd. vapor phase epitaxial growth method and the layer 4, 5, 61, 62 are formed by the molecular beam epitaxial growth method.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-129925

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 33/00			H01L 33/00	C
21/20			21/20	
21/203			21/203	M
21/205			21/205	
H01S 3/18			H01S 3/18	
審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全5頁)				

(21) 出願番号 特願平7-308251

(22) 出願日 平成7年(1995)10月31日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(71) 出願人 591014949

赤崎 勇

愛知県名古屋市西区浄心1丁目1番38-805

(71) 出願人 591014950

天野 浩

愛知県名古屋市名東区山の手2丁目104宝マンション山の手508号

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

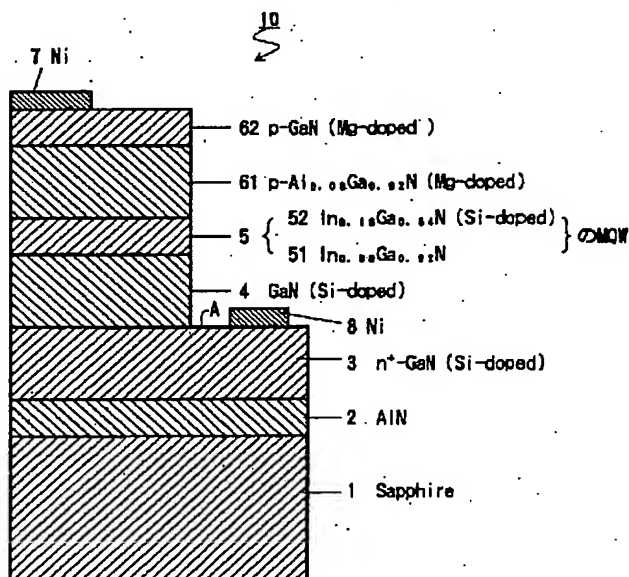
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3族窒化物半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 3族窒化物半導体を用いた素子を高性能化し製造速度を向上させる。

【解決手段】 基板1と基板1上に形成されたバッファ層2とそのバッファ層2上に形成された3族窒化物半導体から成る基底層3とその基底層3上に形成された3族窒化物半導体から成る素子層4、5、61、62とを有する半導体素子10において、基底層3を有機金属化合物気相成長法(MOVPE)により形成し、素子層4、5、61、62を分子線エピタキシー法(MBE)により形成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と基板上に形成されたバッファ層とそのバッファ層上に形成された3族窒化物半導体から成る基底層とその基底層上に形成された3族窒化物半導体から成る素子層とを有する半導体素子において、前記基底層は有機金属化合物気相成長法(MOVPE)により形成された層であり、前記素子層は分子線エビタキー法(MBE)により形成された層であることを特徴とする3族窒化物半導体素子。

【請求項2】前記基底層は2 μ m以上の厚さに形成されていることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項3】前記基底層はGa₂Nから成り前記素子層は3族窒化物半導体から成る少なくともp層とn層とを有した発光素子を形成していることを特徴とする請求項2に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項4】前記素子層はp層とn層とその間に介在する量子井戸構造の発光層とから成ることを特徴とする請求項2に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項5】前記基板はサファイア基板であることを特徴とする請求項3に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項6】前記バッファ層はAlNであることを特徴とする請求項3に記載の3族窒化物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、結晶性の良い素子層を高い成長速度で得るようにした半導体素子に関する。

【0002】

【従来技術】従来、サファイア基板上にバッファ層を形成して、そのバッファ層上にGa₂Nから成る基底層を厚さ2～3 μ mに形成し、その基底層上にAlGaInNから成るヘテロ接合の発光層を形成した発光素子が知られている。この発光素子の各層の形成は有機金属化合物気相成長法(MOVPE)により形成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】一方、薄膜の成長方法に膜厚の制御性の良い分子線エビタキー法(MBE)が知られている。本発明者らは、上記構造の発光素子を分子線エビタキー法(MBE)で形成した。しかし、基底層の厚さは2～3 μ m必要であり、この厚さの基底層をMBEで成長させるには長時間要した。又、素子の製造速度を向上させるためには、この厚さの基底層の成長速度を速くする必要があるが、その成長速度を速くすると、基底層の結晶性が低下し、従って、基底層の上に形成される発光層の結晶性も低下した。その結果、発光輝度の高い素子は得られなかった。

【0004】本発明は上記課題を解決するために成されたものであり、その目的は、性能の高い素子を高速で得られるようにすることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、基底層を有機金属化合物気相成長法(MOVPE)により形成し、素子層を分子線エビタキー法(MBE)により形成したことを特徴とする。このことにより、基底層を結晶性良く高速度で形成することができる。その結果、結晶性の高い基底層の上に形成される素子層の結晶性も高くなり、その成膜がMBEで行われるために膜厚の制御性も高くなり、高性能の素子を高速度で得ることができる。

【0006】又、請求項2の発明は基底層を厚さ2 μ m以上に形成したものであるため、基底層及びその上に形成される素子層の結晶性を良くすることができる。さらに、請求項3、4、5、6の発明により、発光出力の高い発光ダイオード、レーザを得ることができる。

【0007】

【発明の実施の形態】

第1実施例

図1において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に500ÅのAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約2.0 μ m、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドープGa₂Nから成る高キャリア濃度n⁺層3、膜厚0.10 μ m、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドープのGa₂Nから成るn層4、全膜厚約0.07 μ mのInGa₂Nの多重量子井戸から成る発光層5、膜厚約0.2 μ m、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、濃度 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ にマグネシウムがドープされたAl_{0.3}Ga_{0.7}Nから成るp層61、膜厚約0.2 μ m、ホール濃度 $7 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム濃度 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドープのGa₂Nから成るコンタクト層62が形成されている。そして、コンタクト層62上にはその層62に接合するNiから成る電極7が形成されている。さらに、高キャリア濃度n⁺層3の表面の一部は露出しており、その露出部上にその層3に接合するNiから成る電極8が形成されている。尚、n⁺層3は基底層であり、n層4、発光層5、p層61、コンタクト層62が素子として機能する素子層である。

【0008】次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。上記発光ダイオード10のバッファ層2と高キャリア濃度n⁺層3とは、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。MOVPEで用いられたガスは、NH₃とキャリアガスH₂又はN₂とトリメチルガリウム(Ga(CH₃)₃) (以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム(Al(CH₃)₃) (以下「TMA」と記す)とシラン(SiH₄)である。

【0009】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とする厚さ100～400 μ mの単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH₂を流速2 liter/分で反応室に流しながら温度1100℃でサファイア基板1を気相エツ

チングした。

【0010】次に、温度を400℃まで低下させて、 H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMAを 1.8×10^{-4} モル/分で供給してAlNのバッファ層2が約500Åの厚さに形成された。次に、サファイア基板1の温度を1000℃に保持し、 H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.7×10^{-4} ル/分、 H_2 ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを 20×10^{-4} mol/分で30分供給して、膜厚約2 μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコンドープのGaNから成る高キャリア濃度 n^+ 層3を形成した。

【0011】次に、上記の層の積層の完了した基板をMBE装置内に取り付けた。サファイア基板1の温度を660℃に保持し、成長速度0.2 μm/hで、膜厚約0.1 μm、濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ にシリコンが添加されたGaNから成る n 層4を形成した。

【0012】その後、サファイア基板1の温度を660℃に保持し、成長速度0.1 μm/hで、膜厚約10nmの $In_{0.15}Ga_{0.85}N$ から成るバリア層51を形成した。次に、サファイア基板1の温度を同一に保持して、成長速度0.1 μm/hで、膜厚約10nmの $In_{0.15}Ga_{0.85}N$ から成るシリコンが $5 \times 10^{18}/cm^3$ の濃度に添加された井戸層52を形成した。このような手順の繰り返しにより、図2に示すように、バリア層51と井戸層52とを交互に、4層と3層だけ積層した多重量子井戸構造で、全体の厚さ70nmの発光層5を形成した。

【0013】続いて、温度を660℃に保持し、成長速度0.2 μm/hで膜厚約0.2 μmのマグネシウム(Mg)ドープの $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ から成るp層61を形成した。p層61のマグネシウムの濃度は $5 \times 10^{19}/cm^3$ であり、ホール濃度は $2 \times 10^{18}/cm^3$ である。

【0014】続いて、温度を660℃に保持し、成長速度0.2 μm/h 膜厚約0.2 μmのマグネシウム(Mg)ドープのGaNから成るコンタクト層62を形成した。コンタクト層62のマグネシウムの濃度は $5 \times 10^{18}/cm^3$ であり、ホール濃度は $3 \times 10^{18}/cm^3$ である。

【0015】このようにして、図2に示す断面構造のウエハが得られた。次に、図3に示すように、コンタクト層62の上に、スパッタリングにより SiO_2 層9を2000Åの厚さに形成し、その SiO_2 層9上にフォトリソスト10を塗布した。そして、フォトリソグラフにより、図3に示すように、コンタクト層62上において、高キャリア濃度 n^+ 層3に対する電極形成部位A'のフォトリソスト10を除去した。次に、図4に示すように、フォトリソスト10によって覆われていない SiO_2 層9をフッ化水素酸系エッチング液で除去した。

【0016】次に、フォトリソスト10及び SiO_2 層9によって覆われていない部位のコンタクト層62、p層61、発光層5、 n 層4を、真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm²、 BCl_3 ガスを10 ml/分の割合で供給しドライエッチングした後、Arでドライエッチングした。この工

程で、図5に示すように、高キャリア濃度 n^+ 層3に対する電極取出しのための孔Aが形成された。

【0017】次に、試料の上全面に、一様にNiを蒸着し、フォトリソの塗布、フォトリソグラフィ工程、エッチング工程を経て、図1に示すように、高キャリア濃度 n^+ 層3及びコンタクト層62に対する電極8、7を形成した。その後、上記の如く処理されたウエハを各チップに切断して、発光ダイオードチップを得た。

【0018】このようにして得られた発光素子は、駆動電流20mAで、発光ピーク波長405nm、発光強度2mWであった。この発光効率は3%であった。上記の構成と同一構成の発光ダイオードの全ての層をMBEで形成した場合に比べて発光出力は 10^6 倍に大きくなった。

【0019】このように本願発明では、結晶性が高く厚く形成する必要のある基底層をMOVPE法で高速に形成し、膜厚の制御が要求される素子層はMBE法で形成したことを特徴とする。よって、結晶性の高い基底層が高速で得られることから、その上の素子層の結晶性を低下させることなく素子の製造速度を向上させることができる。

【0020】尚、上記実施例では、 n 層4にGaNを用いているが、 n 伝導型のAlGaNを用いても良い。さらに、p層61はなくても良い。又、発光層5の多重量子井戸構造の周期は任意であり、又、単量子井戸構造でも良い。井戸層、バリア層にはInGaNを用いたが $In_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)等の3族窒化物半導体を用いても良い。さらに、井戸層にシリコンを添加したが、他のドナー不純物でも良く、無添加でも良い。

【0021】又、図6に示すように、バリア層513は無添加で、井戸層523にのみドナー不純物(例えば、シリコン)とアクセプタ不純物(例えば、亜鉛)を添加しても良い。又、図7に示すように、バリア層510は無添加で、井戸層520について、ドナー不純物(例えば、シリコン)とアクセプタ不純物(例えば、亜鉛)を交互に添加しても良い。さらに、図8に示すように、井戸層521にドナー不純物(例えば、シリコン)を添加し、バリア層511にアクセプタ不純物(例えば、亜鉛)を添加しても良いし、逆に、井戸層521にアクセプタ不純物を添加し、バリア層511にドナー不純物を添加しても良い。これらの不純物分布に関する特徴は、発光波長を変化させることができる。井戸層、バリア層は、 n 型でもp型でも半絶縁性でも良い。

【0022】又、発光層5は、各層を厚くして量子井戸構造にはならない多重層としても良い。この場合も同様に、図6～図7の構造が考えられる。この場合、不純物の分布のみに注目しているので、層513と層523、層510と層520、層511と層521を同一組成比としても良い。上記の不純物分布は、発光波長を変化させることができる。この場合も発光層5の各層は、 n

型、p型、半絶縁性であっても良い。

【0023】さらに、発光層5は図9に示すように単層にしても良い。上記実施例では、サファイア基板を用いたがSiC、 $MgAl_2O_4$ 等を用いることができる。又、バッファ層にはAlNを用いたがAlGa_{0.5}N、Ga_{0.5}N、InAlGa_{0.5}N等を用いることができる。さらに、基底層にはGa_{0.5}Nを用いているが、In_{0.5}Ga_{0.5}Al_{0.5}N等の3族窒化物半導体を用いることができる。同様に、素子層にも任意組成比のIn_{0.5}Ga_{0.5}Al_{0.5}N等の3族窒化物半導体を用いることができる。MBEで成長させるとき熱処理なしにp型化できるが、成長後に熱処理を加えても良い。

【0024】又、本発明は発光ダイオードの他、青色や紫外領域のレーザダイオード、光検出素子、その他の機能素子に应用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な第1実施例に係る発光ダイオードの構成を示した構成図。

【図2】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図3】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した 20

断面図。

【図4】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図5】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図6】発光層の他の構造を示した断面図。

【図7】発光層の他の構造を示した断面図。

【図8】発光層の他の構造を示した断面図。

【図9】他の実施例の発光ダイオードの構成を示した構成図。

【符号の説明】

10…発光ダイオード

1…サファイア基板

2…バッファ層

3…高キャリア濃度n⁺層

4…n層

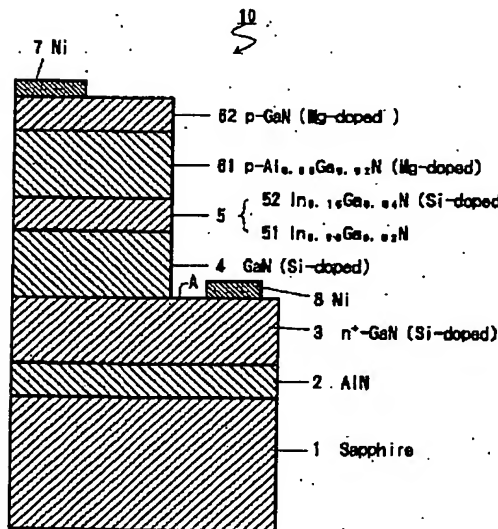
5…発光層

61…p層

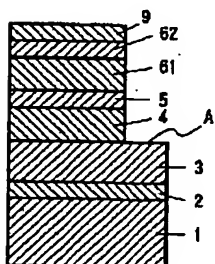
62…コンタクト層

7, 8…電極

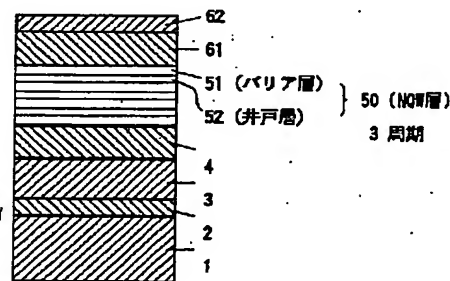
【図1】



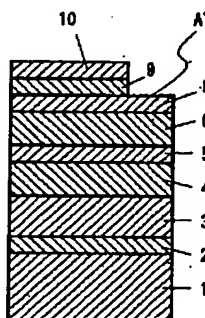
【図5】



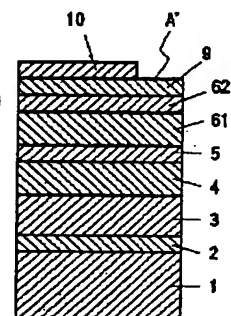
【図2】



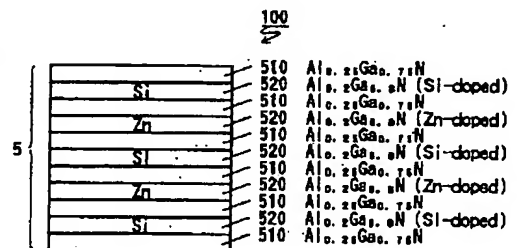
【図4】



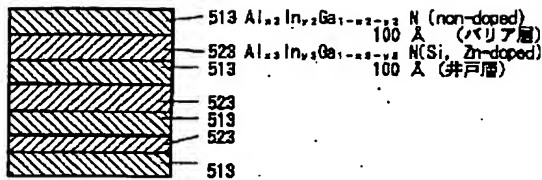
【図3】



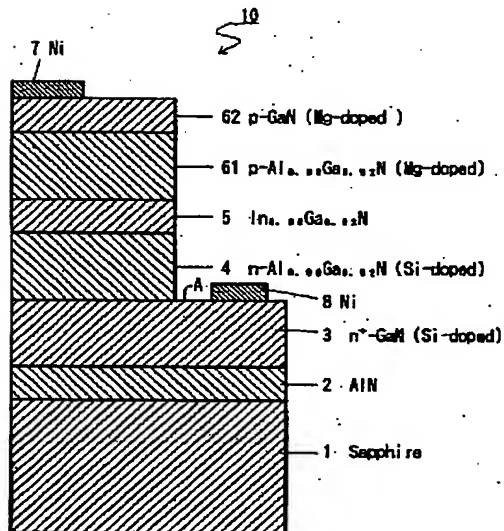
【図7】



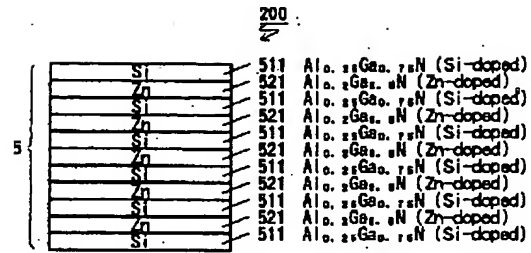
【図 6】



【図 9】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 山崎 史郎
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1
番地 豊田合成株式会社内
(72)発明者 永井 誠二
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小池 正好
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1
番地 豊田合成株式会社内
(72)発明者 赤崎 勇
愛知県名古屋市西区浄心 1 丁目 1 番 38 -
805
(72)発明者 天野 浩
愛知県名古屋市名東区山の手 2 丁目 104
宝マンション山の手 508 号